

Lewis Fry Richardson, klimaatmodellen en beleidsondersteunende wetenschap

Over de rol van waarden, waardevrijheid en onzekerheid

Jeroen Van Bouwel¹

Abstract – Starting from the pioneering work of Lewis Fry Richardson on numerical models of weather forecasting and his fantasy forecast factory, we explore the role of values in science and science-based policy advice. Central questions being addressed are: What role do values play when scientists inform policymakers and the public about uncertain findings? How do values influence the collection of (enough) evidence? What are the different ways in which values do play a role in science and does it entail that value-free science is an illusion? How best to deal with values in scientific practice? Reviewing the relevant philosophical literature and analysing climate modelling as a case, I aim to answer these questions, concluding that the literature better supports a valued science than the idea of a value-free science and that Richardson fantastic forecast factory misses to take into account some important aspects of modelling, namely uncertainty and the role of values.



Inleiding

Weersvoorspellingen en klimaatmodellen

Wat is een klimaatmodel? Een klimaatmodel kan gekarakteriseerd worden als een verzameling van wiskundige vergelijkingen die een klimaatproces weergeeft. Een globaal klimaatmodel is dan een verzameling van wiskundige vergelijkingen die de interagerende processen van het systeem Aarde weergeeft. Die vergelijkingen zijn behoorlijk complex en enkel op te lossen aan de hand van een krachtige computer. Deze klimaatmodellen helpen ons onder andere om processen van het huidige en vroegere klimaatsysteem te begrijpen. Je kan een bepaald proces in het model wijzigen om te zien hoe het het gemodelleerde klimaat zou veranderen, of

1. Jeroen Van Bouwel is als gastprofessor onderzoek verbonden aan het *Centrum voor Logica en Wetenschapsfilosofie* van de Universiteit Gent. Dit artikel is vrij beschikbaar onder de Creative Commons licentie CC-BY-NC-ND.

je kan het model laten draaien voor vroegere periodes om te vatten welke processen bijgedragen hebben aan klimaatveranderingen in het paleoklimaat of tijdens de recentere geschiedenis. Daarnaast worden klimaatmodellen uiteraard ook gebruikt om de toekomst van het klimaat te voorspellen.

Klimaatmodellen hebben gemeenschappelijke wortels met weermodellen, zoals we hieronder zullen bespreken. Eén van de sleutelfiguren in het ontwikkelen van deze modellen was de Britse wetenschapper Lewis Fry Richardson (1881-1953). Hij wordt algemeen beschouwd als de eerste die een numeriek model voor weersvoorspelling ontwikkelde en hij publiceerde dit in zijn boek *Weather Prediction by Numerical Process* (1922). Richardsons model heeft gaandeweg door toenemende computerkracht en groeiende datasets veel aan precisie gewonnen, maar er blijven heel wat onzekerheden en keuzes die gemaakt moeten worden in het gebruiken van deze wetenschap ter ondersteuning van het beleid.

Doel van dit artikel

In dit artikel zullen we een aantal wetenschapsfilosofische vragen met betrekking tot onzekerheid, de rol van de waarden in wetenschap en het idee van waardevrije wetenschap behandelen. Het model van Richardson en andere klimaatmodellen worden daarbij voortdurend als illustratiemateriaal gebruikt.

Wanneer we hier het idee van een waardevrije wetenschap onderzoeken, betekent die waardevrijheid niet dat wetenschappers geen enkele waarde zouden respecteren. Er zijn sowieso morele waarden en regels, zoals bijvoorbeeld respect voor mensenrechten en dierenrechten, waaraan wetenschappers geacht worden zich te houden (en die bepaalde vormen van onderzoek uitsluiten). In dit hoofdstuk zullen we niet ingaan op deze aspecten uit de onderzoeksethiek. Wat we wel zullen analyseren, is hoe bepaalde zogenaamde *niet-epistemische* waarden al dan niet het wetenschappelijke onderzoeksproces binnensluipen of transparant aanwezig zijn. Onder niet-epistemische waarden worden sociale, economische, culturele waarden begrepen. Men noemt ze *niet-epistemisch* om ze te contrasteren met zogenaamde *epistemische* waarden. Deze *epistemische* waarden worden gebruikt om onze theorieën, modellen of andere vormen van wetenschappelijke kennis te evalueren. Denk bijvoorbeeld aan eenvoud of parsimonie, vruchtbaarheid, bereik of wijdsheid van het toepassingsgebied, consistentie of logische interne samenhang van een theorie.

De aanwezigheid van epistemische waarden in de wetenschap is veel minder controversieel dan die van de niet-epistemische waarden; er is wat discussie over de precieze lijst en invulling van de epistemische waarden, de onderlinge afweging, enzovoort, maar de gemoederen lopen daarover niet hoog op. De wetenschapsfilosofische debatten over de rol van niet-epistemische waarden daarente-

gen zijn vaak pittig en uitvoerig – we zullen ons dan ook daarop concentreren in dit artikel.

Opbouw van dit artikel

In wat volgt, leg ik eerst uit hoe Richardson droomde van een ‘voorspellingsfabriek’ voor weerfenomenen. Daarna behandel ik volgende wetenschapsfilosofische vragen:

- ♦ Welke rol spelen waarden wanneer wetenschappers moeten beslissen over hoe het beleid te informeren of hoe met het publiek over onzekere wetenschappelijke bevindingen te communiceren?
- ♦ Hoeveel bewijs moeten wetenschappers verzamelen om bepaalde conclusies te trekken en welke rol spelen waarden hierin?
- ♦ Wat zijn de verschillende manieren waarop waarden een rol spelen in wetenschap? Waarom is waarde vrije wetenschap een illusie?
- ♦ Hoe kunnen we best omgaan met legitieme waarden in de wetenschapspraktijk?

Om deze vragen te beantwoorden put ik uit de relevante wetenschapsfilosofische literatuur en gebruik ik, zoals reeds gezegd, klimaatmodellen als voorbeeld. De eerste twee vragen behandel ik in de derde sectie, daarna volgt een sectie over elk van de twee andere vragen.

In het besluit koppel ik de inzichten uit het artikel terug naar Richardsons voorspellingsfabriek: ik laat zien dat er toch wat zaken zijn die in de fantastische voorspellingsfabriek van Richardson niet ingecalculeerd werden.

De voorspellingsfabriek van Lewis Fry Richardson

Zoals gezegd hebben klimaatmodellen heel wat gemeen met weermodellen, onder andere hun wortels. Pierre Simon de Laplace had in zijn *Traité de Mécanique céleste. Tome I* (1799) het weer al opgenomen in de lijst van fenomenen die de wetten van de mechanica volgen. Dit maakt het weer voorspelbaar: als je de beginconditie kent alsook de wetten der mechanica, kun je ver vooruit voorspellen, aldus Laplace. De eerste concretere pogingen om de oudere meteorologische methodes – die er voornamelijk uit bestonden om de huidige weercondities te vergelijken met gelijkaardige historische precedentes – te vervangen door een numerieke, mathematische benadering dateren van het begin van de twintigste eeuw. De Noorse meteoroloog Vilhelm Bjerknes besprak in 1904 de mogelijkheid om een numerieke voorspelling van het weer te maken indien de toestand van de

atmosfeer op een bepaald tijdstip alsook de natuurwetten voldoende gekend waren. Bjerknes ontwikkelde complexe modellen en berekeningen om de toestand van de atmosfeer op een bepaalde plek en tijdstip te bepalen, maar zijn pogingen leidden niet tot betrouwbare voorspellingen.

Bjerknes's pogingen inspireerden de Britse wetenschapper Lewis Fry Richardson. De anekdote wil dat Richardson lange, manuele berekeningen maakte gedurende zijn dienst als ambulancier in de Champagne-streek tijdens de Eerste Wereldoorlog (Richardson was een Quaker, en dus pacifist, hetgeen zijn keuze voor ambulancier verklaart). Deze berekeningen bouwden voort op het werk van zijn collega-meteoroloog Bjerknes. Bjerknes had gedetailleerde data gepubliceerd van het weer in Centraal-Europa op 20 mei 1910. Richardson wilde op basis van die data, met name van het weer om 7u00 op die dag, een voorspelling maken van het weer om 13u00, 6 uur later dus. Vervolgens zou hij zijn voorspelling vergelijken met het eigenlijke weer om 13u00 zoals te vinden in de data van Bjerknes.

Voortdurende veranderingen in de atmosferische condities zouden als complexe differentiaal-vergelijkingen gemodelleerd kunnen worden, maar die waren moeilijk op te lossen. Richardson maakte het probleem beheersbaar – hoewel nog steeds complex – door de regio die hij bestudeerde in 25 cellen van ongeveer 125 vierkante mijl op te delen, elk vijf lagen dik. Zo krijg je discrete data-pakketjes. Vervolgens maakte hij uitvoerige berekeningen om te voorspellen hoe elk van die cellen de komende zes uren zou veranderen.

Het resultaat van al deze berekeningen was fout, Richardsons voorspelling zat er erg naast. De meteoroloog Peter Lynch (1999) toonde aan dat bij Richardsons berekeningen het probleem niet zozeer zijn methode of het modelleren was, maar wel de ruis op de gegevens van Bjerknes. Mocht hij die ruis weggefilterd hebben, dan zouden zijn berekeningen aardig in de buurt gekomen zijn. Daarnaast had het Richardson ook weken gekost om een voorspelling van de komende zes uur te maken, terwijl een handig weerbericht uiteraard best een voorspelling maakt van het weer alvorens het plaatsvindt. Desalniettemin leidde deze mislukking tot vruchtbare ideeën. Zo bleek het vereenvoudigen van de wiskunde van Bjerknes door de atmosfeer in kleinere kubussen, zogenaamde gridboxes, te knippen, van blijvende waarde. Zulk een roosterstructuur met gridboxes wordt nu nog steeds gebruikt om modellen op te bouwen – niet enkel weermodellen, maar ook klimaatmodellen. (Voor elk van die gridboxes, een aantal kilometer bij een aantal kilometer, kan je variabelen berekenen, bijv. windrichting, windsnelheid, temperatuur, neerslag, wolkenwater, wolkenijs, ...).

In zijn boek *Weather Prediction by Numerical Process* (1922, tweede editie in 2007) legde Richardson zijn nieuwe aanpak uit tot in het kleinste detail en met reproductie van zijn wiskundige berekeningen, die hij allemaal met de hand

gemaakt had, zonder computers. Niet voor niets droomde hij in zijn boek ook van een ‘voorspellingsfabriek.’ Hij schrijft:

Imagine a large hall like a theatre, except that the circles and galleries go right round through the space usually occupied by the stage. The walls of this chamber are painted to form a map of the globe. The ceiling represents the north polar regions, England is in the gallery, the tropics in the upper circle, Australia on the dress circle and the Antarctic in the pit. A myriad computers are at work upon the weather of the part of the map where each sits, but each computer attends only to one equation or part of an equation. The work of each region is coordinated by an official of higher rank. Numerous little “night signs” display the instantaneous values so that neighbouring computers can read them. Each number is thus displayed in three adjacent zones so as to maintain communication to the North and South on the map. From the floor of the pit a tall pillar rises to half the height of the hall. It carries a large pulpit on its top. In this sits the man in charge of the whole theatre; he is surrounded by several assistants and messengers. One of his duties is to maintain a uniform speed of progress in all parts of the globe. In this respect he is like the conductor of an orchestra in which the instruments are slide-rules and calculating machines. But instead of waving a baton he turns a beam of rosy light upon any region that is running ahead of the rest, and a beam of blue light upon those who are behindhand. Four senior clerks in the central pulpit are collecting the future weather as fast as it is being computed, and despatching it by pneumatic carrier to a quiet room. There it will be coded and telephoned to the radio transmitting station. (2007, p. 219)

Richardson zag dus een theaterzaal voor zich met daarin 64.000 menselijke “computers” (menselijke rekenaars dus) die iedere dag een wereldvoorspelling zouden berekenen. Veel sneller dan hij zelf kon en op tijd om nuttig te zijn. Computers bestonden toen nog niet, maar dit is wel de manier waarop weermodellen nu werken, waarbij voor elke gridbox een aantal parameters worden berekend en vervolgens meegedeeld aan de omliggende gridboxes. Zijn voorspellingsfabriek is verder visionair daar het de parallelle processoren voorafspiegelt die in de huidige supercomputers de dienst uitmaken.

De ontwikkeling van de elektronische computer zorgde er voor dat Richardsons voorspellingsfabriek vol menselijke rekenaars niet langer nodig was. In de late jaren 1940 zorgde een team van meteorologen en wiskundigen aan het *Institute for Advanced Study* in Princeton voor een eerste succesvolle numerieke weersvoor-

spelling, gebruik makende van één van de eerste computers. Tegen de jaren 1950 werden weersvoorspellingen stelselmatig gemaakt op basis van technieken die nauw aansloten bij Richardsons methode (zie o.a. Weart 2010, 2011, voor meer details over deze ontwikkelingen).

Vervolgens werd diezelfde benadering ook gebruikt om computersimulaties van het klimaat te maken. Deze klimaatmodellen zijn grotendeels gebaseerd op de weermodellen. Je kan de globale klimaatmodellen dus als intellectuele afstammelingen van de handgemaakte berekeningen van Lewis Fry Richardson tijdens de Eerste Wereldoorlog beschouwen (cfr. Sommerville 1996: 61). Er zijn uiteraard ook wel een aantal verschillen, zoals het verschil in interval of tijdsschaal, maar daarop zullen we niet dieper ingaan. We willen hier in de eerste plaats analyseren hoe de fantastische bijdrage van Richardson en de ontwikkelingen van die klimaatmodellen ons toch nog met heel wat onzekerheden laten en wat dat betekent voor de beleidsondersteunende taak van klimaatmodellen.

Klimaatmodellen en onzekerheid bij beleidsondersteuning

We hebben nu een grotere en snellere computerende capaciteit en verwerken meer gegevens, we zouden kunnen stellen dat Richardsons voorspellingsfabriek in grote mate gematerialiseerd is door de ontwikkeling van de computer. En toch lijken klimaatmodellen niet altijd voor zich te spreken, zoals we zullen illustreren aan de hand van enkele recente bijdragen aan de wetenschapsfilosofie. Welke onzekerheden zijn er (nog)? Welke keuzes moeten we (nog) maken in het hanteren van deze modellen?

Deze vragen zijn pertinent, zeker wanneer wetenschappers gevraagd worden om het beleid te ondersteunen. Zijn er momenten waarop de waarden van wetenschappers een rol spelen in het omgaan met onzekerheid (in hun voorspellingen en hun beleidsondersteunende taak)? Ik zal hier drie vragen betreffende waarden en onzekerheid (*uncertainty*) onderscheiden:

Hoe gaan wetenschappers om met de resterende onzekerheid van hun klimaatmodellen in de communicatie met het publiek en met het beleid?

Hoeveel bewijs volstaat om wetenschappelijke conclusies te trekken uit klimaatmodellen en welke (il)legitieme rol spelen waarden bij het bepalen van wat voldoende bewijs is?

In welke mate dragen waarden soms juist bij tot een grotere onzekerheid betreffende klimaatmodellen?

James Hansen, activisme en objectiviteit

Beginnen we met de eerste vraag. Om te verduidelijken welke rol waarden spelen wanneer wetenschappers moeten beslissen over hoe het beleid te informeren of hoe met het publiek over onzekere wetenschappelijke bevindingen te communiceren, kunnen we de klimaatwetenschapper James Hansen als voorbeeld nemen (dit voorbeeld ontleen ik aan Elliott 2017). In juni 1988 verschijnt Hansen voor het Amerikaans Congres. Daar stelt hij: “Global warming has reached a level such that we can ascribe with a high degree of confidence a cause and effect relationship between the greenhouse effect and observed warming ... It is already happening now.” (Shabecoff 1988). Dit was opvallend aangezien er op dat moment weinig klimaatwetenschappers van mening waren dat er voldoende bewijs was om stellig te beweren dat de toenemende concentratie van broeikasgassen in de atmosfeer reeds klimaatopwarming veroorzaakte.² Dit roept vragen op over hoe om te gaan met onzekerheid als wetenschapper.

Op het moment van zijn getuigenis was Hansen directeur van het *NASA Goddard Institute of Space Studies*, waar hij ook een team leidde dat klimaatmodellen ontwikkelde. Hansen en zijn team waren er in toenemende mate van overtuigd dat klimaatverandering plaatsvond en dat het extreem weer, zoals bijvoorbeeld hittegolven of droogte, zou kunnen veroorzaken. Hansen stelt zelf dat hij de kosten om fout te zijn afgewogen had tegen de kosten om niet te spreken. Hij besloot dat het best was om het brede publiek in te lichten over het bestaan van klimaatverandering en de mogelijke gevolgen hiervan. Naar Hansens getuigenis wordt sedertdien vaak verwezen als het moment waarop er een brede bewustwording over klimaatopwarming tot stand kwam. (Hansen werd daarna ook een prominente pleiter voor een regelgeving betreffende de uitstoot van broeikasgassen.)

Dit is een voorbeeld van een beslissing genomen door een wetenschapper, op een moment waarop er nog onvoldoende wetenschappelijke informatie en veel onzekerheid is, maar tegelijkertijd de mogelijke maatschappelijke impact van het bestudeerde thema zo groot is, dat sommige wetenschappers zich verplicht kunnen voelen om hierover te communiceren. In zulke situaties moeten we vaststellen dat er een afweging gemaakt moet worden waarin de waarden van wetenschappers een rol spelen.

Dat wordt duidelijk wanneer je de reacties van andere wetenschappers op Hansens getuigenis bekijkt. Hieruit blijkt duidelijk dat sommige wetenschappers in éénzelfde situatie een ander besluit zouden nemen, met name niet stellig zouden praten over klimaatverandering. Klimatoloog Michael Schlesinger klaagt in

2. Het was echter niet de eerste keer dat Amerikaanse beleidsmakers geïnformeerd werden over de link tussen CO₂ uitstoot en klimaatverandering (en de mogelijke impact hiervan). President Lyndon B. Johnson ontving in 1965 reeds een rapport van zijn wetenschappelijke adviesraad hierover.

Science dat Hansens “statements have given people the feeling the greenhouse effect has been detected with certitude. Our current understanding does not support that. Confidence in detection [of the greenhouse effect] is now down near zero” (Kerr 1989: 1041). Tim Barnett stelt dat “the variability of climate from decade to decade is monstrous. To say that we’ve seen the greenhouse signal is ridiculous. It’s going to be a difficult problem” (Kerr 1989: 1043). Alan Robock verklaart verder dat “what bothers a lot of us is that we have a scientist telling Congress things we are reluctant to say ourselves” (Ibid.). Danny Harvey bespreekt verdere gevolgen voor beleidsondersteuning: “Jim Hansen has crawled out on a limb. A continuing warming over the next 10 years might not occur. If the warming didn’t happen, policy decisions could be derailed” (Ibid.).

De teneur van deze reacties is dat een grote groep klimaatwetenschappers zich ergert aan Hansens getuigenis. Er dient hier een afweging te worden gemaakt tussen enerzijds waarschuwen voor extreme risico’s en anderzijds vermijden om het vertrouwen in de wetenschap te ondergraven door onvoldoende gefundeerde uitspraken te doen. Hansen kiest voor waarschuwen, terwijl zijn critici eerder het vertrouwen in de wetenschap primordiaal vinden. Een keuze maken is hier onvermijdelijk, in die zin bestaat er hier geen “waardevrije” afweging of aanpak. Hecht je meer belang aan of vind je het verantwoordelijker om te waarschuwen enerzijds, of vind je het verantwoordelijker om er voor te zorgen dat een mogelijke kans op verlies van vertrouwen ten aanzien van de wetenschap vermeden wordt anderzijds, teneinde te vermijden dat de wetenschap in de toekomst haar geloofwaardigheid als bron van kennis verliest.

Er staat heel wat op het spel staat voor de samenleving, dus wetenschappers die hier op een wetenschappelijk verantwoorde manier willen waarschuwen, bewandelen een dunne lijn. Enerzijds, wanneer wetenschappers trachten om zeer behoedzaam te zijn en bedenkelijke interpretaties van de beschikbare data te vermijden, lopen ze het risico om het na te laten de samenleving te waarschuwen voor belangrijke bedreigingen. Ze riskeren ook om beleidsmakers in verwarring te laten alsook in de onmogelijkheid om welgeïnformeerde beslissingen te nemen, zoals Philip Kitcher schrijft: “If they [climate scientists] record the range of opinion among them in sober prose, admitting their uncertainties, offering what probabilistic estimates they can, pointing out the range and complexity of possible consequences, their lengthy summaries cannot be expected to guide any swift action.” (2011: 30) Anderzijds, als wetenschappers zich wat meer vrijheid toe-eigenen in het interpreteren van data en het trekken van besluiten, dan lopen ze het risico om hun objectiviteit te verliezen, of om tot foutieve besluiten te komen beïnvloed door hun persoonlijke waarden.

Een manier om dit conflict tussen de samenleving tijdig waarschuwen en objectiviteit te omzeilen, is om objectiviteit altijd voorop te stellen. Objectiviteit

prioriteren als ultieme waarde voor wetenschappers betekent uiteraard dat andere waarden achtergesteld worden. Kiezen voor objectiviteit als ultieme waarde heeft als voordeel dat de reputatie van wetenschap als verstrekker van betrouwbare informatie gehandhaafd blijft. Een nadeel of zwakte is wel dat het vaak zeer moeilijk is voor beleids mensen en burgers om wetenschappelijk werk en bewijs te interpreteren. Het is zoals jouw plaatselijke computerspecialist die tot in de kleinste details zou uitleggen hoe jouw computer werkt, maar zou weigeren te antwoorden op de vraag hoe een specifiek probleem op te lossen of hoelang je nog vlot met deze computer kan voortwerken. Een gelijkaardige situatie is uiteraard nefast voor beleids makers en burgers. Vandaar dat sommige wetenschappers, zoals Hansen, in bepaalde situaties verkiezen om maatschappelijke relevante uitspraken te doen die voor ‘objectieve’ wetenschappers mogelijk onvoldoende gestoffeerd zijn door bewijsmateriaal, waarover te veel onzekerheid heerst. Je kan hier dus spreken van twee extremen van een continuum, met ‘objectiviteit’ (in een traditionele interpretatie) aan de ene kant versus ‘activisme’ aan de andere kant.

De filosofe Kristin Shrader-Frechette (1996) tracht een tussenweg te bieden door het verbreden van de invulling van objectiviteit; voor haar omvat het niet enkel informatie verschaffen op een onbevooroordeelde manier, maar ook een inspanning om misverstanden over die informatie te voorkomen, bijvoorbeeld door de beperkingen van het bewijsmateriaal te verduidelijken, de onzekerheden en limieten van een analyse aan te geven, verschillende mogelijke interpretaties te expliciteren, enzovoort. De kritieken op Hansen’s optreden in het Amerikaanse Congress die hierboven vermeld werden, verwijzen naar iets gelijkaardig, namelijk het ontbreken van nuances in Hansens betoog: “What really bothers them is not that they believe Hansen is demonstrably wrong, but that he fails to hedge his conclusions with the appropriate qualifiers that reflect the imprecise science of climate modeling” (Kerr 1989: 1041). Dus, de onzekerheden en beperkingen van klimaatmodellen moeten erkend worden.

Deze tussenweg van Shrader-Frechette kent echter ook haar problemen. Ten eerste, het vele voorzichtige nuanceren in de periode vóór Hansen, leidde er blijkbaar toe dat niemand luisterde, enkel de ongenueanceerde boodschap blijkt effect te hebben (dit is het risico waarop ook Kitcher wees hogerop). Ten tweede, zelfs als wetenschappers hun bevindingen communiceren met de nodige nuances kunnen die nuances gemakkelijk verloren gaan in verdere communicatie, of kan sommige info volledig buiten proportie opgeblazen worden (bijvoorbeeld over cancerogene stoffen of over vaccins).

Samenvattend kunnen we stellen dat er tenminste drie benaderingen mogelijk zijn bij de communicatie door wetenschappers, bijvoorbeeld over gevaren voor klimaat, milieu en gezondheid:

- a. Een eerste benadering stelt objectiviteit voorop als belangrijkste waarde, vermijdt interpretaties of besluiten, communiceert enkel de data. Het risico is dat beleidsmakers verward en/of onwetend achterblijven.
- b. Een tweede aanpak vindt het informeren van de maatschappij primordiaal, verkiest een duidelijke, eenvoudig verstaanbare boodschap. Het risico bij deze aanpak is dat het vertrouwen in de objectiviteit van wetenschap geschaad kan worden, of dat je een angstgolf uitlokt die ook onbedoelde gevolgen kan hebben.
- c. Een derde manier beoogt een bredere invulling van objectiviteit waarbij je het bewijsmateriaal interpreteert en jouw besluiten voldoende nuanceert en de onzekerheden expliciteert. Dit kan de effectiviteit van jouw boodschap ondergraven en de nuances kunnen verloren gaan in daaropvolgende discussies.

Deze verschillende wetenschapsfilosofische opties doen ons besluiten dat er geen éénduidig beste strategie is en dat wetenschappers afhankelijk van hun waarden en de specifieke context waarin ze communiceren, een afweging zullen moeten maken – welke bedreigingen zijn er (groot/klein), in welke mate kunnen mensen de boodschap foutief begrijpen, kunnen we er preventief voor zorgen dat de boodschap correct geïnterpreteerd wordt, ... Daarenboven helpen deze analyses ons om er zich bewust van te worden dat klimaatmodellen niet voor zich spreken, ze roepen vragen op over selectie en communicatie, over keuzes maken op basis van waarden, iets dat onderbelicht blijft in Richardsons visionaire voorspellingsfabriek.

Risico, onzekerheid en de (il)legitieme rol van waarden

Laat ons nu inzoomen op de manier waarop de wetenschapper omgaat met onzekerheid in de wetenschapspraktijk. Zo zijn er in het modelleren van het klimaat heel wat processen die we (nog) niet goed begrijpen of factoren die moeilijk te modelleren zijn (zie o.a. Mearns 2010). Dit resulteert in onzekerheden. Deze onzekerheden vragen vaak om een uitspraak over welke mate van onzekerheid of risico aanvaardbaar is. Klimaatwetenschappers hebben dit trachten te vatten in *Uncertainty Quantification* (UQ), door kwantitatieve schattingen te geven over de graad van onzekerheid die aan voorspellingen van klimaatmodellen kan toegeschreven worden. Deze technische, kwantitatieve benadering van onzekerheid, wordt echter door verschillende filosofen in vraag gesteld (zie o.a. Winsberg 2012); volgens hen zijn er bij zulke afwegingen ook waarden in het spel. Zij steunen daarbij vaak op het argument betreffende inductief risico (*inductive risk*) en onderzoeken ook welke (il)legitieme rol waarden mogen spelen in de wetenschapspraktijk.

Laten we beginnen met het argument over inductief risico. Schematisch ziet het er zo uit:

1. De wetenschapper als wetenschapper aanvaardt of verwerpt hypothesen.
2. Geen enkele wetenschappelijke hypothese is ooit volledig (met 100 procent zekerheid) geverifieerd.
3. De beslissing om al dan niet een hypothese te aanvaarden of te verwerpen hangt af van de vraag of er voldoende sterk en overtuigend bewijs is.
4. Of het bewijs voldoende sterk en overtuigend is, varieert in functie van het gewicht of belang (in ethische zin) van het maken van een fout door een hypothese te aanvaarden of te verwerpen.
5. Dus, de wetenschapper gebruikt waarden als wetenschapper (in het oordelen over het gewicht of belang van het maken van een fout).

Omwille van het inductief risico, omwille van de onzekerheden en het risico op het maken van fouten, worden niet-epistemische³ waarden gebruikt daar waar aanzienlijke gevolgen op het spel staan.

Om dit wat concreter te maken, schetsen we kort een voorbeeld (gebaseerd op Intemann 2015). Er is bij klimaatmodellen een significante onzekerheid over wolkenvorming en waterdamp feedback. Deze variabelen zullen waarschijnlijk beleidsrelevante gevolgen hebben aangezien ze ofwel opwarmingseffecten kunnen vergroten ofwel afremmen (zie ook IPCC 2013). Edoch, ondanks de onzekerheid hierover, moeten klimaatmodelontwerpers, beslissen over hoe ze deze weinig begrepen of complexe processen in rekening zullen brengen, hoe ze de data interpreteren of waarschijnlijkheden zullen toewijzen aan hypothesen over toekomstige klimaatverandering, enz. Aangezien beleidsmakers vragen om welgeïnformeerde oordelen over mogelijke toekomstige klimaatveranderingen en dit tijdgevoelig is (men heeft de info zo snel mogelijk nodig) moeten wetenschappers (ook al zouden ze zelf van mening zijn dat veel meer kennis en tijd nodig is alvorens goed geïnformeerd te kunnen oordelen) beslissingen nemen en beleidsondersteuning bieden.⁴

In zulke situatie zijn fouten snel gemaakt. Bijvoorbeeld, wanneer men er verkeerdelijk van uitgaat dat wolkenvorming de opwarming vergroot, dan zou dat kunnen leiden tot over-regulatie van CO₂-uitstoot en worden er onnodig middelen verkwanseld. Anderzijds, als verkeerdelijk wordt aangenomen dat wolken de

3. We hebben het onderscheid tussen “epistemische” en “niet-epistemische” waarden reeds toegevoegd in de inleiding. Ik hanteer de term “niet-epistemisch” hier, omdat die courant gebruikt wordt in deze debatten. Het weze echter opgemerkt dat de term niet ideaal is daar het onderscheid tussen “epistemisch” en “niet-epistemisch” bijwijken moeilijk te maken is.

4. Intemann stelt daarbij: “Uncertainties in modelling are unlikely to be eliminated in the near future (if ever) and there is much that models can tell us even when uncertainties exist (Maslin and Austin 2012).”

opwarming zouden doen afremmen, dan zou dat kunnen leiden tot onder-regulatie van CO₂-uitstoot en tot een grotere impact op klimaatverandering dan voor-speld. Dit kan potentieel verwoestende en onomkeerbare gevolgen hebben voor de biodiversiteit, menselijke gezondheid, voedselproductie, ons economische systeem, etc. Zodus, beslissingen over welke aannames in onze klimaatmodellen ingebouwd moeten worden hangen niet enkel af van de waarschijnlijkheid om fouten te maken, maar ook van waarde-oordelen over hoe desastreus of slecht de gevolgen van het maken van fouten zouden zijn, of het slechter is om het risico te lopen te overreguleren of te onderreguleren (cfr. Biddle and Winsberg 2010).

Op deze wijze ontwikkelen filosofen dus een argument voor het gebruiken van niet-epistemische waarden. Maar kunnen we niet-epistemische waarden wel toelaten zonder de reputatie van wetenschap als verstrekker van betrouwbare informatie te schaden? Zo ja, welke rol mogen ze spelen? We zullen hieronder eerst kort het onderscheid tussen de directe en indirecte rol van waarden bespreken aan de hand van het werk van filosofe Heather Douglas alsook haar verdediging van de legitimiteit van de indirecte rol van waarden. Vervolgens zullen we voorbeelden bekijken waar de rol van waarden eerder als illegitiem beschouwd wordt, met name bij de grossiers van de twijfel.

Douglas heeft een aantal interessante bijdragen geschreven over inductief risico en de rol van waarden (zie o.a. Douglas 2009). Ze verwijst daarbij vaak naar wetenschappelijk onderzoek betreffende de toxiciteit van dioxine en de rol van chemische bedrijven hierin.⁵ Zo heeft ze een onderscheid uitgewerkt tussen de *directe* en *indirecte* rol die waarden spelen in wetenschap. De indirecte rol van waarden acht ze daarbij legitiem, de directe rol van waarden illegitiem. De *directe* rol van waarden betekent dat waarden als een vorm van bewijs beschouwd worden. Bijvoorbeeld, als een wetenschapper die voor Monsanto werkt, onder druk zou gezet worden om te stellen dat dioxine geen schadelijke gevolgen heeft, los van beschikbaar wetenschappelijk bewijs, dan zouden waarden een *directe* rol spelen.

De *indirecte* rol van waarden betreft de invloed die waarden kunnen hebben met betrekking tot de hoeveelheid bewijs (en/of de kwaliteit van het bewijsmateriaal) die nodig is alvorens we een wetenschappelijk besluit kunnen nemen. Als er een vermoeden is dat een chemische stof dodelijk is, kunnen wetenschappers minder bewijs noodzakelijk achten (om o.a. te waarschuwen voor schadelijke effecten van een stof), dan wanneer er een vermoeden is dat die stof mogelijk lichte oogirritaties veroorzaakt. Hier spelen waarden een indirecte rol, en zie je het argument voor inductief risico in actie – met name dat wetenschappers waarden een rol

5. Vele van haar inzichten zijn ook zeer relevant voor de discussie over glyfosaat die anno 2018 hevig woedt.

laten spelen in het beslissen over hoeveel bewijs ze nodig achten in het licht van het gewicht of belang van mogelijke gevolgen van foutieve besluiten.

Wetenschappers moeten daarbij in overweging nemen wat de prijs is wanneer ze fout zijn. Bijvoorbeeld bij een onterecht positief resultaat (vals positief, *false positive*) betekent het dat ze verkeerdelijk claimen dat een chemische stof schadelijk is en beleidsmatig impliceert het dat er ten onrechte regulatieve (en andere) kosten door chemiebedrijven gemaakt worden. Als ze een onterecht negatief (vals negatief, *false negative*) resultaat hebben, betekent het dat ze verkeerdelijk claimen dat een stof niet schadelijk is, wat er toe zou leiden dat de bevolking wordt blootgesteld aan schadelijke hoeveelheden van de toxische stof, met de resulterende gezondheidsproblemen en kosten als gevolg.⁶

Hoeveel bewijs moeten wetenschappers verzamelen om bepaalde conclusies te trekken en welke rol spelen waarden hier? Als ze statistische tests gebruiken, dan moeten wetenschappers een percentage bepalen vanaf waar iets als “statistisch significant” geldt. Eenzelfde oefening gebeurt in het geval van het (af)wegen van bewijs (uit verschillende bronnen). Je kan bewijs verzamelen betreffende de schadelijkheid van dioxine aan de hand van dierproeven, of van effecten op menselijke celcultuur, epidemiologische data, enz. Op basis van deze verschillende bronnen kunnen wetenschappers tot verschillende conclusies komen over de schadelijkheid van een chemische stof – dit is ook afhankelijk van hoeveel bewijs de respectieve wetenschappers nodig achten om te concluderen tot schadelijkheid.

Naast het bepalen van (a) wat statistisch significant is en (b) beslissingen over hoe bewijs af te wegen, besteedt Douglas (2000) ook aandacht aan (c) het interpreteren van data en de manier waarop wetenschappers zo standaarden voor bewijs (*standards of evidence*) creëren, en (d) aannames betreffende de extrapolatie van hun resultaten. Wat (c) betreft, het interpreteren van data, stelt Douglas dat wanneer wetenschappers verplicht worden om ambiguë informatie te interpreteren, ze dienen te beslissen hoeveel bewijs vereist is om een specifieke interpretatie te maken. Neem bijvoorbeeld het dioxine-onderzoek. Enerzijds, wetenschappers die bezorgd zijn om de volksgezondheid en trachten *false negatives* (lees, verkeerdelijk stellen dat dioxine onschadelijk is) te vermijden, zouden ambiguë weefselmonsters in het lab classificeren als weefsel met tumoren. Zij zouden dus op basis van beperkt bewijs concluderen dat tumoren aanwezig waren. Anderzijds, wetenschappers die in het bijzonder bezorgd zijn om de economische belangen van de chemische industrie of van gebruikers van industriële chemicaliën, en *false positives* willen vermijden (i.e. verkeerdelijk stellen dat dioxine schadelijk is), zouden beslissen dat ambiguë weefselmonsters geassocieerd moeten worden als weefsel

6. Douglas stelt dat traditioneel wetenschappers er eerder op uit waren om *false positives* te vermijden, i.e. geen nieuwe wetenschappelijke claims te maken die vals zouden zijn (zie Douglas 2009, voetnoot 18 op p. 187).

zonder tumoren. Met andere woorden, zij zouden veel meer bewijs eisen alvorens te concluderen dat tumoren aanwezig waren. Hier zie je dus nogmaals hoe waarden een rol spelen in het kiezen van standaarden voor bewijs.

Een laatste voorbeeld van inductief risico waar waarden een rol spelen, is bij (d) aannames betreffende extrapolatie. Opnieuw betreft het situaties van onzekerheid, waarin wetenschappers op basis van het beperkt beschikbare bewijs besluiten moeten trekken, bijvoorbeeld in welke mate kan men de resultaten van een onderzoek met hoge dosissen van een chemische stof (en de effecten die zijn waargenomen) extrapoleren naar lage dosissen van diezelfde stof (en de mogelijke effecten hiervan), of van de effecten op labo-ratten naar de effecten op mensen. Hoeveel bewijs moet men vereisen alvorens de extrapolatie te kunnen maken? Ook hier is Douglas van mening dat waarden op een legitieme manier een rol kunnen spelen in de overwegingen die wetenschappers maken met betrekking tot bewijsmateriaal; de hoeveelheid bewijs die vereist wordt, kan variëren naargelang de éne of de andere aanname gemaakt wordt, afhankelijk van de waarschijnlijke gevolgen van het maken van dergelijke aanname.

De indirecte rol van waarden kan door sommigen als problematisch ervaren worden, bijvoorbeeld omdat het erg arbitrair lijkt wanneer individuele wetenschappers hun waarden kunnen laten tellen. Verderop, in de sectie over hoe om te gaan met waarden, zullen we kijken naar enkele nuances, in het bijzonder hoe we voor het aanwenden van waarden naar oplossingen op het niveau van de wetenschappelijke gemeenschap kunnen zoeken.⁷

Grossiers van de twijfel, onzekerheid en de (il)legitieme rol van waarden

Terwijl we uit Douglas's werk leren over hoe onzekerheid in de wetenschap aangepakt kan worden door waarden, blijken er ook gevallen te zijn waar waarden juist onzekerheid creëren. Deze gefabriceerde onzekerheid betreft niet zozeer onzekerheid bij wetenschappers, maar beoogt eerder onzekerheid te voeden bij het publiek ten aanzien van wetenschap. Terwijl Douglas een legitieme, indirecte rol van waarden belichtte, zien we bij gefabriceerde onzekerheid een illegitieme, directe rol van waarden aan het werk. Het betreft hier het creëren en voeden van onzekerheid en het zaaien van twijfel door machtige belangengroepen uit bijvoorbeeld de tabaksindustrie, de farmaceutische of chemische industrie. Het zijn niet altijd bedrijven, ook bijvoorbeeld ministeries zijn soms betrokken partij (cfr. Michaels 2008 over het Amerikaanse Ministerie van Defensie).

7. Er zijn ook wetenschapsfilosofen die stellen dat niet-epistemische waarden niet onvermijdelijk zijn om gevallen van onzekerheid op te lossen in klimaatmodellen teneinde beleidsrelevante resultaten te genereren, zie bijvoorbeeld Betz 2013 en Parker 2014.

Wat betreft het debat over klimaatverandering is de rol van deze belangengroepen onder andere in kaart gebracht door Naomi Oreskes en Erik Conway in hun boek *Merchants of Doubt* (2010). Zij wijzen op de opvallende parallellen tussen het debat over klimaatverandering en de vroegere manoeuvres van de tabaksindustrie om de schadelijke gevolgen van roken te verhullen, twijfel te zaaien en te grossieren in de dood – de tabaksindustrie was de hele tijd op de hoogte van de risico's van hun product. Op eenzelfde manier, aldus Oreskes en Conway, trachten sommige van dezelfde individuen klimaatverandering in twijfel te trekken en onzekerheid te voeden.

Zo was er onder andere het *George C. Marshall Institute*, een conservatieve denktank in de Verenigde Staten, die sterk de opwarming van de aarde ontkende, bewijzen daaromtrent uit context haalde, data selectief weergaf, wetenschappelijke literatuur onjuist representeerde, en andere vormen van doelbewuste productie van onwetendheid of twijfel verweten wordt. Dit instituut publiceerde een eerste rapport waarin de klimaatwetenschap werd aangevallen in 1989. Dit rapport bevat vele verkeerde interpretaties van James Hansens bevindingen over klimaatopwarming (zie Oreskes & Conway 2010: 187-88). De rapporten van dit instituut betreffende Hansens getuigenis in het Congres in 1988 zouden de regering van George H. Bush overtuigd hebben om geen CO₂-belastingen of restricties op het gebruik van fossiele brandstoffen in te voeren (zie Oreskes & Conway 2010: 190).

Dat oliemaatschappijen twijfel zaaien over de relatie tussen klimaatverandering en het gebruik van fossiele brandstoffen kan mogelijk als begrijpelijk aanzien worden daar de financiële belangen enorm zijn. Dat heel wat wetenschappers hiertoe hun diensten verlenen is minder begrijpelijk. Voor Oreskes en Conway moet de verklaring te zoeken zijn in de passie van deze wetenschappers voor de vrije markt en het kapitalisme (ten tijde van de Koude Oorlog nog in sterk contrast met het communisme).

Net zoals Douglas (2009: 96) die benadrukt dat de integriteit van de wetenschapspraktijk geen directe rol voor waarden duldt (tenzij in de keuze van de onderzoeksagenda en op enkele andere momenten, zie verderop), lijkt het me onaanvaardbaar dat er flagrante wetenschappelijke leugens verspreid worden door bedrijven en door wetenschappers betaald door bedrijven. Leugens en twijfel worden verspreid teneinde belangen en bepaalde economische waarden te verdedigen; bijvoorbeeld, de fossiele brandstoffen lobby die bewijs over de klimaatverandering verwerpt en aggressief lobbyt teneinde haar winsten te vrijwaren. Een studie van Jacques et al. (2008) toont aan dat van de 141 boeken die het bewijs voor antropogene klimaatveranderingen en het daaraan verbonden pleidooi voor regulering bestrijden (gepubliceerd tot en met 2005) er 130 boeken, zijnde 92%, verbonden waren aan een conservatieve denktank (hetzij waarbij de denktank de uitgever

was, hetzij de auteur duidelijk gerelateerd was met de denktank), waarbij je kan denken aan denktanks zoals het *CATO Institute*, *Heartland Institute* en het hogerop vermelde *Marshall Institute*. Veel klimaatscepticisme lijkt dus uit één-zelfde hoek te komen, met de conservatieve denktanks die zich vaak profileren als David in een strijd tegen Goliath, de klimaatwetenschap.

Daarnaast zijn er enkele interessante bijdragen van wetenschapsfilosofen en sociale wetenschappers die oproepen om meer aandacht te besteden aan de link tussen waarden binnen en buiten de wetenschap. Ze focussen dan niet op de interventies van rechtse denktanks, maar wel naar de manier waarop de bevolking standpunten inneemt ten aanzien van wetenschappelijke controverses. Als we bijvoorbeeld naar het debat omtrent klimaatverandering kijken, dan merk je bij de bevolking nog heel wat klimaatscepticisme, ondanks het benadrukken van het bestaan van een wetenschappelijke consensus over klimaatverandering (zie o.a. Oreskes 2004).

Auteurs zoals Sarewitz (2007) en Hicks (2017) stellen dat hier een verdere technische, wetenschappelijke discussie weinig bij zal brengen (lees: geen invloed zal hebben op klimaatsceptici). Hicks benadrukt net dat blindelings dit technisch debat voortzetten ons juist belet om de achterliggende, diepere onenigheden trachten te erkennen en aan te pakken. Hij vat dat mooi samen in de idee van wetenschappelijke controversen als 'proxies', als een soort tussenpersonen. Er zijn immers heel wat wetenschappelijke controverses, aldus Hicks, waarin de wetenschap eerder een tussenpersoon voor politieke en filosofische debatten is. In die gevallen worden controverses gevoerd in een erg technische, wetenschappelijke terminologie die elke breed-culturele, economische of politieke overweging uitsluit, hoewel de controverses in kwestie niet in de eerste plaats over wetenschap handelen, maar over achterliggende diepere waarden, zoals de relatie tussen kapitalisme en het milieu, of over de rol van experts in een democratie, of over de invulling van risico. De wetenschap fungeert in zulk een geval enkel als een speelveld waarin we trachten een oplossing te vinden voor dieperliggende conflicten. Voor Hicks is wetenschap in die gevallen een gebrekkige tussenpersoon die enkel geloofwaardigheid hecht aan gediplomeerde wetenschappers, de inbreng van niet-experten negeert, en moeilijk overweg kan met niet-wetenschappelijke bekommernissen in het strikt-afgebakende speelveld. Vandaar dat in zulke gevallen mogelijks beter andere manieren worden gezocht om het debat verder te zetten, voorbij het beklemtonen van de wetenschappelijke consensus (hetgeen uiteraard niet hoeft te impliceren dat wetenschappelijk bewijs geen deel zou uitmaken van dat verdere debat). Het doel is het uitklaren van dieperliggende onenigheden die we uit het oog verliezen wanneer we enkel focussen op het technische debat of op de wetenschappelijke consensus (zie ook Van Bouwel & Van Oudheusden 2017b).

Samenvattend, kunnen we stellen dat deze bredere wetenschapsfilosofische en sociaal-wetenschappelijke analyse van de discussies omtrent niet-epistemische waarden en klimaatmodellen laat zien dat Richardsons voorspellingsfabriek zich niet enkel rekenschap dient te geven van de onzekerheid omtrent haar voorspellingen, maar ook van wat er zich buiten de fabrieksmuren afspeelt, van de gemeenschap waarin ze ingebed is, waarmee het belangrijk communiceren is en op zoek te gaan naar raakvlakken met het publiek, niet enkel de technische aspecten te benadrukken.⁸

Klimaatmodellen en de legitieme rol van waarden in wetenschap

Er zijn wetenschapsfilosofen die stellen dat niet-epistemische waarden altijd illegitiem zijn in wetenschap en dat we moeten streven naar waarde vrije wetenschap. Anderen zijn van mening dat niet-epistemische waarden soms legitiem kunnen zijn en onontkoombaar in het maken van keuzes voor beleidsondersteunde wetenschap, zoals we hierboven bespraken aan de hand van het werk van Douglas. Als je niet-epistemische waarden soms legitiem acht, waar ligt dan de grens tussen de legitieme en illegitieme rol van waarden? Wanneer sociale, politieke en ethische waarden zoals de belangen van *Big Business* hierboven vermeld, een directe rol spelen, riskeren we te verzanden in machtspeletjes eerder dan in wetenschappelijk onderzoek. De uitdaging is dus om te analyseren waar niet-epistemische waarden een legitieme rol kunnen spelen in wetenschappelijk onderzoek. Laten we hier een kort overzicht bieden van situaties waarin volgens vele wetenschapsfilosofen waarden een legitieme rol spelen in het wetenschapsbedrijf, en alzo nuances aanbrenge aan het beeld van de “waarde vrije” wetenschap. (Voor meer achtergrond bij dit overzicht zie o.a. Douglas 2009, Elliott 2017, Kitcher 2011 en Van Bouwel 2012.)

Hoe kiezen we een onderwerp voor wetenschappelijk onderzoek?

Een eerste stap waarbij wetenschapsfilosofen een legitieme rol van waarden waarnemen is bij het nemen van een beslissing over wat we willen bestuderen, over wat we als een potentieel probleem zien dat geanalyseerd dient te worden. Willen we tijd en geld investeren in het bestuderen van het klimaatprobleem, van klimato-

8. Het weze opgemerkt dat Richardson zich niet volledig beperkte tot wat er binnen de voorspellingsfabriek gebeurde, hij had ook oog voor het welzijn van zijn menselijke rekenaars, zijn computers: “*Outside are playing fields, houses, mountains and lakes, for it was thought that those who compute the weather should breathe of it freely.*” (Richardson 1922/2007: 220) Verder is het hier niet de bedoeling om Richardsons visionaire bijdrage te bekritisieren of minimaliseren, enkel om te verduidelijken welke wetenschapsfilosofische vragen en bijdragen de ontwikkeling van klimaatmodellen verder teweeggebracht heeft.

logische veranderingen, en het ontwikkelen van klimaatmodellen of vinden we dat andere thema's voorrang verdienen? Indien we klimaatmodellen willen ontwikkelen, willen we dan meer/minder tijd en geld investeren dan wat we op dit moment doen? Zijn het de wetenschappers als gemeenschap die beslissen over wat het waard is bestudeerd te worden, of zijn het de financiers van wetenschappelijk onderzoek, of moeten we een democratisch model ontwikkelen om beslissingen te nemen over wat er wetenschappelijk onderzocht moet worden (cfr. Kitcher 2001)? Welke waarden primeren?

Welke invalshoek of methode gebruiken we om het onderwerp te bestuderen?

Als er voor gekozen wordt om klimatologische veranderingen te bestuderen, is de volgende vraag: op welke manier? Heeft het ontwikkelen en fine-tunen van klimaatmodellen hier voorrang? Of bestuderen we het klimaatprobleem vanuit de invalshoek van extreme weersverschijnselen, of biodiversiteit, of energieproductie en -consumptie, of volksgezondheid, of landbouwproductie? Of moeten we eerder inzetten op geo-engineering? Of is er juist nood aan meer sociale wetenschappers en menswetenschappers die ons kunnen helpen om met klimaatverandering om te gaan (voor het belang van sociale wetenschappen en filosofie in de studie van klimaatverandering, zie bijv. Castree et al. 2014)? Elk van deze opties heeft een eigen methodologie, vertrekt van specifieke aannames, heeft voor- en nadelen en promoot eigen sociale, economische en ethische waarden. We kunnen er uiteraard voor kiezen om al deze invalshoeken uit te werken en trachten te combineren, maar ergens moet er wel gekozen en afgewogen worden, tijd en geld zijn niet onbeperkt.

Wat is het doel van het onderzoek?

Na het bepalen van het onderwerp en de invalshoek, zoemen we in op de doelen die we willen bereiken in het onderzoek en de daaraan verbonden keuze van de specifieke vragen over het onderwerp. Vertaald naar klimaatmodellen, betekent het dat we klimaatmodellen altijd ontwerpen met een bepaald doel, zoals Intemann (2015) benadrukt. Daarbij is het belangrijk zich af te vragen waarom we een klimaatmodel willen – niet enkel kennis die accuraat is, maar ook adequaat, i.e. in lijn met wat we zoeken, wat ons dierbaar is en/of wat we willen beschermen. Concreet houdt dit in dat, bijvoorbeeld, als we een worst-case-scenario willen kennen (omdat we als waarde hebben dat we ons hiertegen moeten beschermen) dit andere methodologische keuzes kan impliceren dan wanneer we het meest waarschijnlijke scenario willen kennen (cfr. Katzav & Parker 2015). Onze doelen

en specifieke vragen hebben dus een methodologische impact. Alzo, als de doelen van wetenschappelijk onderzoek epistemisch én sociaal zijn (sociaal in de zin dat onze doelen zijn ingegeven door wat we belangrijk vinden om te beschermen), en de methodologische keuzes in wetenschap gerechtvaardigd worden door de doelen, dan kunnen sociale doelen – samen of verweven met epistemische doelen – een legitieme rol spelen in het maken van methodologische keuzes in wetenschap.

Laat ons dit even uitwerken. Op het eerste gezicht kun je denken dat wetenschappers gewoon een zo accuraat mogelijk model willen ontwikkelen, maar als we naar de wetenschapspraktijk zelf kijken, bemerken we een wat complexer gebeuren. Er worden afwegingen gemaakt afhankelijk van praktische of theoretische doelen. Dit impliceert keuzes maken over wat te modelleren, wat te includeren en wat uit te sluiten. Soms willen wetenschappers zo accuraat mogelijk het geheel weergeven, soms één element uitwerken tot in de kleinste details. In de praktijk, als je één variabele accurater wilt simuleren impliceert dat vaak dat een andere variabele minder accuraat wordt gemodelleerd, dus keuzes en afwegingen zullen gemaakt moeten worden over welke variabele voorrang heeft (zie ook Winsberg 2012). Soms is het doel beleidsondersteuning en is accuraatheid slechts één van vele criteria, naast meer praktische doeleinden, zoals welke resultaten kunnen zo snel en zo goedkoop mogelijk gevonden worden, of welke kunnen eenvoudig aan het publiek gecommuniceerd worden of zijn eenvoudiger om te gebruiken. De keuzes die je maakt betreffende de variabele(n) die voorrang krijgt, worden gemaakt op basis van wat we belangrijker vinden, sociaal of ethisch gesproken, van wat onze doelen of vragen zijn (dat kan ook het moeten tegen elkaar afwegen van verschillende doelen en waarden met zich meebrengen; aan accuraatheid verliezen ten voordele van een goedkopere oplossing, of accuraatheid vergroten wat leidt tot hogere prijs voor testmethodes, etc).

Hoe verschillende doelen of vragen tot verschillende methodologische keuzes en afwegingen kan leiden, kunnen we illustreren aan de hand van volgend voorbeeld over klimaatmodellen. Aangezien complexe fenomenen zoals klimaat op vele manieren bestudeerd kunnen worden, zijn het waarden die bepalen, niet alleen welke vragen centraal zullen staan, maar ook bepalen hoe te kiezen tussen verschillende modellen. Intemann (2015: 219) illustreert dit aan de hand van het belichten van de keuzes die wetenschappers maken wanneer ze klimaatmodellen ontwikkelen, kiezen, en gebruiken, en ze beklemtoont dat waarden vaak relevant zijn bij het maken van deze keuzes. Zo zijn Algemene Circulatiemodellen (*General Circulation Models* in het Engels) vaak zeer geschikt voor het voorspellen van globale gemiddelde temperaturen, maar veel minder geschikt voor het voorspellen van lokale veranderingen qua neerslag. Als gemeenschappen zich willen aanpassen aan veranderingen qua neerslag in een specifieke regio die landbouw en waterbe-

voorrading kunnen aantasten, dan zijn regionale klimaatmodellen (*Regional Climate Models*) veel geschikter. Voor lokale gemeenschappen zijn die regionale modellen dus belangrijker.

Dit is misschien triviaal, weinig verrassend, dat er gekozen moet worden tussen verschillende modellen. Maar de rol van waarden kan ook verder gaan. Ook binnen de respectieve modellen, aldus Intemann, zijn er momenten dat ze afgesteld moeten worden (*fine-tuning*) teneinde de beschikbare data zo goed mogelijk in te passen. Nu, die aanpassingen van het model om bepaalde fenomenen beter te voorspellen, kan ertoe leiden dat het model minder geschikt is om andere fenomenen te voorspellen. Waarden spelen hier dan ook een rol bij het kiezen van wat de hoogste prioriteit heeft, wat het model zo accuraat mogelijk moet representeren. Dit betekent niet dat wetenschappers zich hiervan altijd bewust zijn. Daarenboven heb je ook padafhankelijkheid (*path-dependence*) waarbij vroegere keuzes, voorkeuren voor een bepaald model, een impact hebben op de huidige klimaatwetenschap, en dit leidt tot situaties waarin sommige doelen beter worden bediend, en voor andere doelen de juiste modellen niet ontwikkeld of onderontwikkeld zijn.⁹

Hoe gaan we om met onzekerheid (tijdens het onderzoek)?

Een grote groep van wetenschapsfilosofen beschouwt de rol van waarden in het bepalen van de agenda (keuze van het onderwerp, invalshoek en doel) legitiem, zie bijv. Kitcher (2001) die een voorstel uitwerkt om deze agendabepaling te democratiseren. Vaak wordt dat proces als iets apart van het eigenlijke onderzoek beschouwd, als iets dat voorafgaat, en eens de agenda bepaald is, begint het “waardevrij” onderzoek.¹⁰

Zoals we hierboven reeds bespraken, zijn er volgens Douglas en anderen echter heel wat momenten tijdens het eigenlijke onderzoek waarop niet-epistemische waarden een legitieme rol kunnen spelen in het omgaan met onzekerheid en twijfelgevallen. Daarnaast kan men zich de vraag stellen in welke mate het bepalen

9. De impact van padafhankelijkheid is o.a. zeer groot bij wetenschappelijk onderzoek over landbouw, zoals Hugh Lacey (2002) heeft aangetoond. Landbouwgewassen bestaan uit biologische deeltjes die bestudeerd kunnen worden in termen van moleculaire biologie of in termen van de structuur van hun genoom. Anderzijds, kunnen gewassen ook als ecologische entiteiten bestudeerd worden, als componenten van ecologische systemen. De éne invalshoek is nauw verbonden aan biotechnologie, de andere aan een agro-ecologische aanpak van landbouw. Naargelang één van deze invalshoeken dominanter wordt, worden de opties die aan beleidsmakers kan voorgelegd worden om bepaalde problemen op te lossen, ook beperkter.

10. Zoals ik reeds aangaf in de inleiding, betekent “waardevrij” hier in de eerste plaats vrij van *niet-epistemische* waarden, niet dat men alle morele waarden en regels, zoals respect voor mensen- en dierenrechten, overboord werpt. Ook *epistemische* waarden die in het spel zijn bij het evalueren van onze kennis (vruchtbaarheid, eenvoud, consistentie, enz.) worden doorgaans als compatibel met het idee van een waardevrije wetenschap beschouwd.

van de agenda precies gescheiden kan worden van het uitvoeren van het eigenlijke onderzoek. Zoals we hierboven bespraken, kunnen bepaalde doelen die men heeft een rol spelen in het afstellen van modellen. Daarnaast worden wetenschappers tijdens het onderzoek ook met nieuwe vragen geconfronteerd die al dan niet mee opgenomen worden in de agenda, zo heb je verdere padafhankelijkheid, enzovoort. De onderzoeksagenda wordt dus voortdurend verder vormgegeven.

Hoe communiceren we de onderzoeksresultaten?

Een vijfde moment waarop waarden een rol spelen is bij het communiceren over en het toepassen van de onderzoeksresultaten. We hebben hogerop reeds bij het voorbeeld van Hansen gezien hoe er op verschillende manieren van eerder 'objectief' tot eerder 'activistisch' gecommuniceerd kan worden over onderzoeksresultaten. Daarnaast zijn er heel wat andere waarde-geladen keuzes te maken in het communiceren van wetenschappelijke informatie zowel wat betreft de gebruikte concepten, classificatie-systemen en zogenaamde framing. Wat betreft *concepten*, bijvoorbeeld, kan je denken aan het verschil tussen *klimaatverandering*, *klimaatopwarming* en *klimaatontwrichting*, waarover heel wat nauwkeurige analyses gemaakt zijn over de verschillende impact die deze concepten hebben (zie o.a. Benjamin et al. 2017). Of je kan je ook vragen stellen bij het gebruik van *geo-engineering* en *solar radiation management*, bijvoorbeeld, die beiden de suggestie in zich dragen dat het klimaat vrij eenvoudig en precies te bestieren is.

Wat betreft *framing*, waarbij bepaalde invalshoeken of vragen meer aandacht krijgen dan andere, kunnen we nogmaals verwijzen naar Intemann (2015) voor een voorbeeld. Zij bespreekt het zoeken naar oorzaken voor de overstromingen in Engeland en Wales in 2000. Vanuit een opvatting van causaliteit als tegenfeitelijke waarschijnlijkheid, zijn de overstromingen veroorzaakt door antropogene broeikasgassen in de mate dat de overstromingen waarschijnlijker zijn in een wereld waar er antropogene emissies zijn dan in een wereld waar die emissies er niet zijn. Je kan die overstromingen echter ook vanuit een ander frame, een andere vraag, onderzoeken, bijvoorbeeld over wie er verantwoordelijk is voor alle geleden schade en verlies omwille van de overstromingen. In zulk een geval kunnen andere causale factoren belangrijk zijn, zoals beslissingen over waar huizen gebouwd mochten worden aan de kustlijn. Hier zoekt men dus naar welke schade kan verweten worden aan menselijke handelingen eerder dan aan brute pech. Dit vraagt om een andere invalshoek op causaliteit en een andere kadering van het onderzoek (hetgeen nauw aansluit bij de wetenschapsfilosofische literatuur over verklaringspluralisme, zie o.a. Weber et al 2013).

Dat communicatie van resultaten een belangrijk aspect is in het wetenschappelijk onderzoek, leren we ook uit de bevindingen van gedrags- en sociale weten-

schappers die zich toeleggen op klimaatverandering en vaak in relatie met hoe de boodschap van de natuurwetenschappers betreffende klimaatverandering best gecommuniceerd kan worden (zie o.a. het *Yale Cultural Cognition Project*). Moe-ten we eerder focussen op die brede waarden dan op wetenschappelijk bewijs om controversen over klimaatveranderingen op te lossen (cfr. de bedenkingen van Hicks eerder in dit artikel)? Mogelijk wel, maar we hebben meer sociaal-wetenschappelijk en filosofisch onderzoek nodig, naar waarden en klimaatverandering, naar instituties voor wetenschappelijke besluitvorming, naar sociale strategieën om ons aan te passen aan klimaatverandering, etc. Aspecten waar de voorspelingsfabriek van Richardson nog geen antwoord naar zocht.

Hoe kunnen we omgaan met legitieme waarden?

De vorige sectie maakt duidelijk dat waarden in de wetenschapspraktijk, ook bij het ontwikkelen van klimaatmodellen, onontkoombaar zijn. Dit roept vragen op over, onder andere, representativiteit, arbitrariteit en verantwoordingsplicht. Hieronder bespreken we enkele wetenschapsfilosofische ideeën om op deze vragen een antwoord te bieden. We behandelen in het bijzonder de eis tot transparantie en de mogelijkheden voor interactie tussen wetenschappers en andere belanghebbenden (*stakeholders*).

Omgaan met waarden: transparantie

Transparantie is een weerkerende suggestie van wetenschapsfilosofen voor het omgaan met waarden (zie o.a. Douglas 2009, Alexandrova 2017 en Elliott 2017).¹¹ Het vraagt dat wetenschappers open, helder en expliciet communiceren over de gemaakte methodologische keuzes, over de gebruikte data, modellen, over onderliggende aannames, ..., zodat de precieze rol die bepaalde waarden spelen door anderen geïdentificeerd kan worden. In concreto kan transparantie onder andere betekenen dat men mogelijke belangenconflicten vermeldt, dat data onderliggend aan een onderzoek publiek worden gemaakt, dat men alle materiaal en gebruikte methodes beschikbaar stelt aan andere onderzoekers, of dat men klinisch onderzoek op voorhand registreert.

Het doelbewust achterhouden van materiaal zoals het *Marshall Institute* deed in haar rapport over James Hansens werk, of het foutief representeren van ideeën of tegenwerpingen maken zonder te vermelden dat deze reeds weerlegd werden

11. "New norms are needed for science in policymaking, norms that center on clarity and explicitness about the bases for judgments that scientists must make, including social and ethical values in their proper roles, instead of the maintenance of a clear science-policy boundary and the reinforcement of the value-free ideal." (Douglas 2009: 136)

door de wetenschappelijke gemeenschap, dat zijn aanfluitingen van transparantie en ze kenmerken eerder het wensdenken of het bedrog van belangengroepen zoals hierboven reeds besproken werd.

De eis tot transparantie lijkt echter ook limieten te hebben, bijvoorbeeld wanneer wetenschappers zich niet echt bewust zijn van bepaalde impliciete aannames, ondanks goede intenties om alles expliciet en transparant te maken. Dit geldt voor zowel individuele wetenschappers als voor wetenschappelijke groepen of disciplines. Er zijn vele voorbeelden uit bijvoorbeeld de wetenschapshistorische, feministische of postkoloniale literatuur die illustreren hoe bepaalde dominante denkbeelden soms doorwerken in het wetenschappelijk onderzoek zonder dat de wetenschappers in kwestie zich daarvan bewust zijn. Die eis tot transparantie kent dus duidelijk haar beperkingen. Mogelijk kan in zulke gevallen meer interactie en diversiteit een oplossing bieden.

Omgaan met waarden: de individuele wetenschapper, de wetenschappelijke gemeenschap en de samenleving

Een tweede suggestie is dan ook een doorgedreven interactie of meer discussie tussen wetenschappers onderling, zij het (a) intra-disciplinair of (b) interdisciplinair, of het inzetten op publieke betrokkenheid, dit kan zowel (c) op aangeven van het publiek, *bottom-up*, of (d) op aangeven van de wetenschappers, *top-down*. Tenslotte, is er ook de mogelijkheid van (e) een institutioneel, permanent kader waarbinnen waarden en wetenschap bediscussieerd worden.

(a) Interactie tussen wetenschappers van eenzelfde discipline

De rol van waarden in wetenschap die hierboven wordt blootgelegd, kan door sommigen als problematisch worden ervaren. Laten we daarom enkele belangrijke nuances aanbrengen. Ten eerste is het belangrijk om een onderscheid te maken tussen de rol die waarden in de beslissingen van een individuele wetenschapper spelen en in de beslissingen van een grotere groep van wetenschappers (een team, een onderzoeksgemeenschap, een discipline, ...). In een groep kan bijvoorbeeld samen beslist worden welke standaarden van bewijs gehanteerd zullen worden. Waarschijnlijk vinden we dat laatste aanvaardbaarder dan de gedachte dat een individuele wetenschapper beslist, hoewel ook deze gemeenschappelijk gekozen standaarden niet waarde vrij zijn.

Bekijken we dat bijvoorbeeld voor de keuzes besproken in de derde sectie. Beter dan het over te laten aan individuele onderzoekers, wordt voor “statistische significant” (wat aangeeft dat de kans op toeval om een gevonden statistische testwaarde te vinden kleiner is dan een van tevoren vastgelegd niveau) meestal 5% als

kritische grens genomen. Wat het afwegen van verschillende soorten van bewijs en het interpreteren van data betreft, kan je een iets gelijkaardigs aantreffen binnen wetenschappelijke disciplines, namelijk zogenaamde algemene richtlijnen voor een wetenschappelijke discipline (*community guidelines*) die helpen om twijfelgevallen te behandelen. Ook hier worden de keuzes verschoven van het individu naar de gemeenschap (die de richtlijnen opstelt en toepast), hetgeen niet betekent dat we plots waardevrijheid hebben.

Het gegeven dat het niet de individuele wetenschapper, maar eerder een gemeenschap van wetenschappers is die deze standaarden en richtlijnen vastlegt om met onzekerheid en waarden om te gaan, vermindert de arbitrariteit. Nu moet er wel ook aandacht geschonken worden aan de manier waarop die gemeenschapsstandaarden en gemeenschappelijke richtlijnen tot stand komen, de sociale dynamiek die daarbij speelt (zie verderop).

(b) Doorgedreven interdisciplinariteit

Naast een interactie tussen wetenschappers van één en dezelfde discipline, kunnen we ook een doorgedreven interdisciplinariteit als een manier om om te gaan met waarden beschouwen. Bekijken we bijvoorbeeld de zogenaamde IAMs (*Integrated Assessment Modelling*, geïntegreerde beoordelingsmodellen), dit zijn klimaatmodellen waarin kennis van twee of meer disciplines samengebracht wordt, zoals natuurwetenschappelijke kennis over het klimaat in combinatie met economische kennis. Zulke IAMs kunnen voorspellingen maken over de gevolgen van bepaalde beleidsbeslissingen. Ze kunnen bijvoorbeeld het nu uitgeven van geld teneinde klimaatverandering af te zwakken afwegen tegen een beslissing om te wachten en zich aan te passen aan de klimaatverandering in de toekomst. Ook bij IAMs zijn bepaalde keuzes (en onderliggende waarden) onontkoombaar in het modelleren, aangezien niet ieder aspect van de wereld met eenzelfde accuraatheid in het model opgenomen kan worden. Daar klimaatwetenschappers zich hier niet altijd van bewust zijn, of bepaalde keuzes zo evident vinden dat ze niet in vraag gesteld worden, pleiten sommigen (bijv. Tuana 2013) voor het betrekken van, onder meer, ethici en menswetenschappers.

Aan de hand van IAMs kan je de totale toekomstige kosten en baten (als aggregaat) van een specifieke beleidsoptie betreffende klimaatverandering berekenen, maar je kan op die manier belangrijke ongelijkheden qua lusten en lasten tussen de verschillende geledingen van de maatschappij of verschillende regio's in de wereld missen (niet enkel het aggregaat, maar ook de distributie telt). IAMs zetten ook een prijs op bepaalde natuurfenomenen en/of bepalen welke waarschijnlijkheid dat een bepaalde catastrofe zal plaatshebben 'toelaatbaar' is. Dit zijn keuzes waarbij zeer vele criteria in overweging genomen (kunnen) worden, en ethici en

menswetenschappers een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan het expliciteren van beleidsopties op basis van klimaatmodellen. Menswetenschappers als onderdeel van het modelontwerp kunnen constructieve vragen stellen tijdens het bouwen van modellen, zoals waarom een specifieke keuze in het modelontwerp gemaakt wordt, waarom het onderzoek juist de doelen wil bereiken die het beoogt, waarom het onderzoek geframed wordt op deze wijze ... De klimaatwetenschap bestudeert een complex, meerlagig systeem met mogelijkheden en waarschijnlijkheden die niet altijd eenvoudig in kaart te brengen zijn. Vandaar dat een brede interdisciplinaire aanpak kan helpen om risico's, ambiguïteiten en onzekerheden die relevant kunnen zijn – afhankelijk van welke belanghebbende – expliciet te maken en te overwegen in het beleid (cfr. Castree et al. 2014).¹² De relatie tussen de modelleringskeuzes en de belanghebbenden, brengt ons bij de volgende suggestie.

(c) Publieke betrokkenheid, bottom-up

Een andere manier waarop er gereflecteerd kan worden over waarden in de wetenschapspraktijk is door de inbreng van het publiek. Die inbreng kan ofwel *top-down* zijn, georganiseerd door een wetenschappelijke instelling, ofwel *bottom-up*, waarbij wakkere burgers bewaken wat er omgaat in de wetenschap of urgente problemen aankaarten, betreffende, bijvoorbeeld, luchtvervuiling, gezondheid, mobiliteit, etc., waarop volgens hen de wetenschap onvoldoende of verkeerde antwoorden biedt.

Deze publieke betrokkenheid kan een vorm van kritiek en correctie impliceren, met name door wetenschappers er op te wijzen dat bepaalde waarden of bepaalde aspecten – belangrijk voor het publiek – verwaarloosd worden (of dat bepaalde waarden van wetenschappers niet representatief zijn voor de bevolking in haar geheel). Anderzijds kan het ook een vorm van samenwerking aannemen waarbij burgers samen met wetenschappers onderzoek op het getouw zetten en uitvoeren, dit gebeurt bijvoorbeeld in *community-based participatory research*. De achterliggende idee is dat door deel te nemen aan het onderzoek, burgers zelf onderzoeksonderwerpen kunnen kaderen, doelen vooropstellen in lijn met hun

12. "For instance, what keeping additional average atmospheric warming below 2 °C should, in practice, mean for people raises profound questions for society that go far beyond those intimated in most calls for a new phase of GEC [the science of global environmental change research]. These questions rarely admit of 'best answers', let alone 'correct' ones, because agreed criteria for determining the relative influence of different data, arguments and policies is often lacking. They need to be addressed through broad and deep collaborations across the disciplines. Together, GEC researchers might then present a range of evidence-based, reasoned responses to these questions. The responses could combine scientific, interpretive and critical knowledge in different ways that are reflective of life in a plural world where some worldviews are hegemonic, and others are notably less so." (Castree et al. 2014)

eigen waarden en belangen en alzo het onderzoek mee sturen en kennis co-produceren.

Men kan hier denken aan milieuverenigingen, lokale burgercollectieven en andere groepen die hun problemen aankaarten bij het beleid en samen met wetenschappelijke experts oplossingen zoeken (voor de relatie met democratie, zie Claeys 2018). Zulke groepen kunnen waarden aanbrengen die door wetenschappers verwaarloosd worden. De inbreng van het publiek kan expliciet maken dat verschillende opvattingen over wat een “goede samenleving” betekent, kunnen resulteren in een diversiteit aan voorstellen (met uitlopende onderliggende waarden) om om te gaan met klimaatverandering. Dit ligt ook in lijn met de hogerop vermelde ideeën van Sarewitz (2007) en Hicks (2017) over spanning tussen fundamentele waarden, fundamentele opvattingen over de goede samenleving enerzijds, en de techniciteit van het wetenschappelijke debat anderzijds. Het roept daarenboven ook vragen op over het gebruik van “wetenschappelijke consensus” als argument in debatten (zie ook Van Bouwel & Van Oudheusden 2017b).

(d) Het publiek betrekken, top-down initiatieven

Het publiek betrekken kan ook op initiatief van wetenschappers zelf of van wetenschappelijke instellingen die burgers contacteren, vaak in de eerste plaats om hen te informeren, voor kennisoverdracht, of om een leerproces op te starten, maar het kan ook tot feedback leiden naar de wetenschappers toe, tot het beter betrekken van ‘lokale kennis’, of de burgers kunnen scheidsrechter spelen of toezicht houden.

Door de wetenschappers zelf worden deze initiatieven vaak opgevat als een kans om de wetenschappelijke geletterheid van het publiek te verhogen, maar er zijn meer epistemische voordelen uit te halen als het niet louter als éénrichtingsverkeer, maar eerder als tweerichtingsverkeer opgevat wordt, waarbij de burgers ook een waardevolle epistemische inbreng hebben en de wetenschappers ook wat bij te leren hebben (zie Kosolovsky & Van Bouwel 2014). Zulke initiatieven kunnen éénmalig zijn, maar ze kunnen ook een permanent karakter krijgen.

(e) Permanente structuren voor interactie tussen wetenschappers en het beleid

Wanneer beleidsmensen zich willen informeren, kunnen ze beroep doen op een individuele wetenschapper (of een onderzoeksteam) zoals bij de getuigenis van James Hansen die we hogerop bespraken. Maar over de onzekerheden en waarden kan vaak beter gereflecteerd worden door een groep van wetenschappers en/of niet-wetenschappers, divers samengesteld. Je ziet in heel wat landen dan ook per-

manente wetenschappelijke adviesraden opduiken. In verband met klimaatverandering is de bekendste permanente structuur ongetwijfeld de Intergouvernementele Werkgroep inzake Klimaatverandering (doorgaans afgekort als IPCC, naar de Engelstalige versie *Intergovernmental Panel on Climate Change*). Dit is een organisatie van de Verenigde Naties, opgericht in 1988, die de expertise en perspectieven van klimaatwetenschappers wereldwijd synthetiseert en de risico's van klimaatverandering evalueert. De werkgroep bestaat uit honderden experts uit de hele wereld, vanuit universiteiten, onderzoekscentra, ondernemingen, milieuorganisaties en andere organisaties. Het IPCC doet zelf geen onderzoek, maar evalueert onderzoek dat is gepubliceerd in wetenschappelijke tijdschriften om zo tot de best mogelijke kennis te komen, en vervolgens publiceert IPCC haar rapporten (om de 5 à 6 jaar) die gelden als referentiewerken.

We gaan de werkwijze van IPCC hier niet in detail bespreken, belangrijk is om te begrijpen dat het in verband met het gebruik van waarden een manier is om de arbitrariteit te verlagen en de representativiteit en verantwoording te verhogen; het betreft niet een individuele wetenschapper, maar een organisatie die zeer vele belanghebbenden doet samenwerken. Dit samenwerken roept echter ook nieuwe, sociaal-epistemische vragen op, vragen over de sociale dynamiek van de groep als kenner (voorbij het individu als kenner): Zijn deelnemers uit op overleg (deliberatie) of louter het optellen van hun bevindingen (aggregatie)? Wie mag er deelnemen en wie niet (en wat is de impact op kennis daarvan)? Is het doel om tot overeenstemming/consensus te komen of het uitklaren van de onenigheden/dissensus, en welke verschillen qua dynamiek levert dat op (cfr. Van Bouwel & Van Oudheusden 2017a)?

Gelijkaardige permanente structuren en organisaties vervullen zowel epistemische als sociale/politieke functies; het betrekken van burgers en belanghebbenden bij de besluitvorming, het creëren van een draagvlak voor beslissingen, het activeren van burgers en hun 'lokale kennis'. Vaak worden deze structuren begrepen als een open dialoog waarin iedereen van elkaar leert, en doorheen dit proces kunnen de deelnemers reflecteren op het probleem, of hun verschillende visies op wat precies het probleem is expliciteren zonder noodzakelijk tot overeenstemming te komen over wat het probleem precies is of wat de oplossingen zijn. Dus zowel het probleem, de precieze definitie en/of betekenis van het probleem alsook de wijze waarop de deelnemers met elkaar interageren, maken allemaal deel uit van het reflecteren. (De complexiteit van een probleem aangekaart door burgers kan zo groot zijn dat er nieuwe, interdisciplinaire methoden ontwikkeld dienen te worden. De open dialoog kan ook de relaties tussen de belanghebbenden verder bijstellen over wie nu de experts zijn, wat de precieze rol van de wetenschappers is, wat de rol van de overheid is, van de burgers, enz.)

Samenvattend, kunnen zowel wetenschappers en burgers de invloed van waarden in wetenschap analyseren en bediscussiëren, gebruik makend van verschillende vormen. Wetenschappers en wetenschappelijke genootschappen kunnen onderling afspraken maken over standaarden van bewijs, actief bijdragen aan peer-review, interdisciplinariteit omarmen, transparantie nastreven. Burgers kunnen hun stem laten horen en deelnemen aan onderzoeksprojecten en de wetenschappelijke gemeenschap kan nieuwe perspectieven aanmoedigen door diverse maatschappelijke invalshoeken te promoten. Openbare besturen kunnen wetenschappelijke adviesraden koesteren of andere permanente structuren voor wetenschappelijk overleg uitbouwen. Dit is slechts een greep uit de mogelijkheden om om te gaan met waarden en om de doelen die wetenschap zou moeten nastreven alsook de resultaten van wetenschappelijk onderzoek maatschappelijk te legitimeren en de wetenschap als waardevol te bestendigen.

Besluit: een waardevolle wetenschap is meer dan Richardsons voorspellingsfabriek

Lewis Fry Richardson was een voorloper in het ontwerpen van klimaatmodellen. Zijn visionaire voorspellingsfabriek kwam tot leven door de ontwikkeling van computers. De verdere uitwerking van klimaatmodellen heeft wetenschapsfilosofen ondertussen ook bewust gemaakt van onzekerheden in deze modellen en van het feit dat waarden vaak een rol spelen in het omgaan met onzekerheid, voorbij de data en de algoritmes. Zaken die in de fantastische voorspellingsfabriek van Richardson niet ingecalculleerd werden.

Het zou onjuist zijn om hieruit te besluiten dat klimaatmodellen onbetrouwbaar zijn of dat klimaatscepticisme daarom gewettigd is. Deze wetenschapsfilosofische analyse is er niet op uit om de wetenschap te discrediteren, maar eerder om op zoek te gaan naar de precieze – al dan niet legitieme – rol van waarden in klimaatmodellen. Wetenschappelijke objectiviteit lijkt, misschien paradoxaal, eenvoudiger te handhaven door het expliciteren van de waarden die spelen dan door de idee dat waarden geëlimineerd kunnen worden.

Als men zich bewuster is van welke rol waarden precies hebben, kan men er op een betere manier met omgaan teneinde maatschappelijk positieve doelen te bereiken. Eens we het kluwen van wetenschap en waarden ontrafeld hebben en waarden onontkoombaar blijken, lijkt niet zozeer een waardevrije, maar wel een waardevolle wetenschap een ideaal te zijn dat wetenschapsfilosofisch verder vorm gegeven moet worden.

Bibliografie

- Alexandrova, A. 2017. *A Philosophy for the Science of Well-Being*. New York, NY: Oxford University Press.
- Benjamin, D., H. Por, & D. Budescu. 2017. 'Climate Change Versus Global Warming: Who Is Susceptible to the Framing of Climate Change?' *Environment and Behavior* 49(7): 745-770.
- Betz, G. 2013. 'In defence of the value free ideal.' *European Journal for Philosophy of Science* 3(2): 207-220.
- Biddle J. & E. Winsberg. 2010. 'Value judgments and the estimation of uncertainty in climate modeling.' In: P.D. Magnus & B. Jacob (eds.). *New waves in philosophy of science*. Basingstoke: Palgrave Macmillan, pp. 172-197.
- Bjerknes V. 1904. 'Das Problem der Wettervorhersage, betrachte vom Standpunkte der Mechanik und der Physik.' *Meteorologische Zeitschrift* 21: 1-7.
- Castree, N., W. Adams, J. Barry, D. Brockington, B. Büscher, E. Corbera, D. Demeritt, R. Duffy, U. Felt, K. Neves, P. Newell, L. Pellizzoni, K. Rigby, P. Robbins, L. Robin, D. Rose, A. Ross, D. Schlosberg, S. Sörlin, P. West, M. Whitehead & B. Wynne. 2014. 'Changing the intellectual climate.' *Nature Climate Change* 4: 763-768.
- Claeys, M. 2018. *Red de democratie!* Antwerpen: Polis.
- Douglas, H. 2000. 'Inductive Risk and Values in Science.' *Philosophy of Science* 67(4): 559-579.
- Douglas, H. 2009. *Science, policy, and the value-free ideal*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Elliott, K. 2017. *A Tapestry of Values*. New York, NY: Oxford University Press.
- Hicks, D. 2017. 'Scientific Controversies as Proxy Politics.' *Issues in Science and Technology* XXXIII (2).
- Intemann, K. 2015. 'Distinguishing between legitimate and illegitimate values in climate modelling.' *European Journal for Philosophy of Science* 5: 217-232.
- IPCC 2013. *The IPCC Fifth Assessment Report on Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> (laatst geraadpleegd op 2 mei 2018).
- Jacques P, R. Dunlap & M. Freeman. 2008. 'The organization of denial: Conservative think tanks and environmental scepticism.' *Environmental Politics* 17: 349-385.
- Katzav, J. & W. Parker. 2015. "Introduction to *Assessing climate models: knowledge, values and policy*." *European Journal for Philosophy of Science* 5: 141-148.
- Kerr, R. 1989. 'Hansen vs the World on the Greenhouse Threat.' *Science* 244 (4908): 1041-1043.
- Kitcher, P. 2011. *Science in a Democratic Society*. Amherst, NY: Prometheus Books.
- Kosolovsky, L. & J. Van Bouwel. 2014. 'Explicating ways of consensus-making: Distinguishing the academic, the interface and the meta-consensus.' In: C. Martini & M. Boumans (eds.). *Experts and Consensus in Social Science*. Springer, pp. 71-92.

- Lacey, H. 2002. 'Assessing the value of transgenic crops.' *Science and Engineering Ethics* 8(4): 497-511.
- Laplace, P.S. 1799. *Traité de Mécanique céleste. Tome I*. Paris.
- Lynch, P. 1999. 'Richardson's marvelous prediction.' In: M.A. Shapiro & S. Grønås (eds.). *The Life Cycles of Extratropical Cyclones*. Boston, MA: American Meteorological Society, pp.61-73.
- Maslin, M. & O. Austin. 2012. 'Uncertainty: climate models at their limit?' *Nature* 486: 183-184.
- Mearns, L. 2010. 'Quantification of uncertainties in future climate change: challenges and applications.' *Philosophy of Science* 77(5): 998-1011.
- Michaels, D. 2008. *Doubt is Their Product: How Industry's Assault on Science Threatens Your Health*. New York, NY: Oxford University Press.
- Oreskes, N. 2004. 'The Scientific Consensus on Climate Change.' *Science* 306(5702): 1686.
- Oreskes, N. & E. Conway. 2010. *Merchants of Doubt*. London: Bloomsbury.
- Parker, W. 2014. 'Values and uncertainties in climate prediction, revisited.' *Studies in History and Philosophy of Science* 46: 24-30.
- Richardson, L. F. 1922. *Weather Prediction by Numerical Process*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. (Ik citeer uit de tweede editie gepubliceerd in 2007.)
- Sarewitz, D. 2007. 'How Science Makes Environmental Controversies Worse.' *Environmental Science & Policy* 7: 385-403.
- Shabecoff, P. 1988. 'Global Warming Has Begun, Expert Tells Senate.' *New York Times*, June 24th.
- Shrader-Frechette, K. 1996. *The Ethics of Scientific Research*. Lanham, MD: Rowman and Littlefield.
- Somerville, R. 1996. *The Forgiving Air: Understanding Environmental Change*. Berkeley, CA: University of California Press.
- Tuana, N. 2013. 'Embedding philosophers in the practices of science: bringing humanities to the sciences.' *Synthese* 190(11): 1955-1973.
- Van Bouwel, J. 2012. 'What is there beyond Mertonian and dollar green science? Exploring the contours of epistemic democracy.' In: R. Vanderbeeken, F. Le Roy and C. Stalpaert (eds.) *Drunk on Capitalism. An Interdisciplinary Reflection on the Market Economy, Art and Science*. Berlin: Springer, pp. 35-48.
- Van Bouwel, J. & M. van Oudheusden. 2017a. 'Participation with or without consensus? Technology assessments, consensus conferences, and democratic modulation.' *Social Epistemology* 31(6): 497-513.
- Van Bouwel, J. & M. Van Oudheusden. 2017b. 'Beyond consensus? A Reply to Alan Irwin.' *Social Epistemology Review and Reply Collective* 6(10): 48-53.
- Weart, S. 2010. 'The development of general circulation models of climate.' *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 41: 208-217.

- Weart, S. 2011. 'The Discovery of Global Warming.' <http://www.aip.org/history/climate/index.htm>.
- Winsberg, E. 2012. 'Values and uncertainties in the predictions of global climate models.' *Kennedy Institute of Ethics Journal* 22(2): 111-137.
- Weber, E., J. Van Bouwel & L. De Vreese. 2013. *Scientific Explanation*. Dordrecht: Springer.